中華農業研究（Jour. Agric. Res.China）39(1)：29～37（1990）

影響碳水化合物自玉米穗軸轉移至子粒因素之研究

1. 果穗上位與下位子粒之充實特性[1]

林淑雰[2]　劉　清[3]　劉大江[2]

摘要　本試驗以單雜交玉米臺農351號及臺農育365號爲材料，兩者具相同母本及不同父本，且後者子粒充實性優於前者；於1986及1987年秋作進行田間試驗，在吐絲後連續針對果穗上位（自穗基算起之80—90%長度）及下位（20—30%）子粒取樣，以 Richards 函數法計算子粒充實性狀表現，目的在確定基因型間子粒充實度的差異，供爲進一步探討影響碳水化合物自玉米穗軸轉移至子粒因素研究之基礎。試驗結果證實臺農育 365 號上、下位子粒之水分含量及乾物重於子粒發育初期開始即較臺農 351號爲高；上位子粒最高充實速率並無基因型間差異，但臺農育 365號子粒到達最高充實速率之時間及有效充實期之發生均較早，持續期間較長，亦即在充實前期即具有差異，爲導致粒重較高的原因，下位子粒也有相同表現。本文爲系列報告之第一篇，將利用相同材料繼續由供源能力及子粒各部位之醣代謝作用探討影響玉米子粒充實之生理及生化因子。

玉米果穗上、下位子粒之發育與充實具有明顯差異，上位子粒充實不良被認爲對產量具有不利作用(7,8)，目前國內主要栽培品種之一的臺農 351號亦有嚴重穗頂充實欠佳問題(1)，估計對產量可造成 8—12%的影響(25)。導致玉米果穗上位子粒充實不良的原因很多，諸如遺傳特性(10)、穗內穎花分化與發育之時序差異(14)及因而產生之子粒間養分競爭(17)、花粉供應不足與光合成產物之供需平衡關係(13)等，均曾被加探討。

研究玉米果穗上位子粒充實不良問題的一項先決條件爲瞭解植株之供源與積儲間的平衡關係，任一因素如爲產量限制因子，則導致子粒充實不良的機制亦有所不同。玉米產量主要受限於供源或積儲，迄今並無定論，例如 Remison and Lucas(18)、Schoper *et al*(19)及 Tollenaar and Daynard(22)經由遮光與改變葉面積等處理，認爲供源能力爲產量的限制因子，而 Yamaguchi(26)、Anderson *et al*(5) 與 Tsai *et al*.(23,24)經由改變積儲容積與研判子粒充實之生理及生化機制，闡釋積儲強度對玉米產量的重要性。盧(4)在國內比較春、秋及裡作玉米的產量表現，發現供源與積儲間的關係各異，秋作之產量明顯受限於積儲，但裡作的供源能力則有不足；本研究室近年來於秋作進行試驗，發現臺農351號品種成熟時莖稈與穗軸內非構造性碳水化合物（total nonstructural carbohydrates）濃度仍高，其含量相當於子粒 TNC 含量之15—20%(3)，且密植至每公頃120,000株時，並

1.臺灣省農業試驗所 研究報告第 1495 號。本項研究承行政院國家科學委員會補助經費（計畫NSC76-0409-B-055-05 及 NSC 77-0409-B-055-04），本所農藝系玉米研究室提供臺農育365號玉米種子，謹致謝意。
2.分別爲本所農藝系約僱技術員及研究員。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。
3.國立臺灣大學農藝系教授。臺北市。

無不孕穗發生，產量亦持續增加[2]，顯示供源能力應無不足之慮， 而提高產量應由增多穗數或一穗充實子粒數著手。

在供源充份的前題下，植株內光合物質轉流與子粒充實之間亦有密切關係，影響光合物質轉流的因素固然很多，但鑑於臺農351號品種子粒充實期間穗軸乾重增加可達15倍，其 TNC濃度最高在30%以上，與莖稈相近[12]，成熟期穗軸頂端之濃度爲基部之兩倍以上（未發表資料）， 顯示碳水化合物轉運至穗軸並無困難，關鍵應在於是否可順利自穗軸轉移至子粒，以及子粒是否在發育中、後期仍具强大積儲能力，以繼續接納與累積碳水化合物，換言之，穗軸與子粒間的關係及子粒自身之特性爲極待瞭解的問題。

玉米上位子粒之充實度固然不佳，但仍具有充份發育潛能，Hanft *et al.*[9] 以 *in vitro* 方式培養，發現上位子粒之發育可與下位子粒相同，Ou-Lee and Setter[16] 提高玉米穗頂部位溫度，也有相同的結果。本研究室曾以套袋延遲受粉方式試驗 ， 證明可增加上位子粒粒重[3]，顯示玉米子粒之充實度有再予提高的可能。

本項研究計畫係針對玉米上、下位子粒充實性狀進行系列試驗，採用具相同母本及不同父本之單雜交品種臺農351號及品系臺農育365號爲材料，一般田間觀察認爲後者穗頂充實情形優於前者，但尙缺實際資料證明；試驗項目除包括測定子粒於充實期間之乾物質累積、醣類組成與醣代謝酵素活性外，同時針對營養器官與穗軸部位進行多項分析，藉以確定所使用材料供源能力與積儲强度間的關係，上、下位子粒充實特性的差異，並於穗軸髓部組織與子粒間進行比較，最終目的在探討影響碳水化合物自穗軸轉移至子粒的因素。本文爲系列報告之一部份，比較兩個供試基因型玉米果穗上、下位子粒的充實性狀，其他部份將陸續另文發表。

材料與方法

採用玉米單雜交種臺農351號（Tainung 351, TNG 351）與臺農育365號（Tainung Yu 365, TNGY 365）爲材料，於1986與1987年秋作在臺中縣霧峰鄉本所農場進行試驗，播種時間分別爲 9 月 3 日與 8 月22日，兩個年度之栽培方法相同，測定子粒充實性狀之結果與變化趨勢亦相接近，本報告僅著重1986年之試驗結果。栽培時之行株距均爲 80×20cm，合每公頃62,500株，播種時每穴播二粒種子，出土後間拔留一株。小區面積 40m²，行長 5m ，採用逢機完全區集設計，重複四次。肥料用量爲 $N : P_2O_5 : K_2O = 200 : 100 : 90$kg/ha ， 其中氮肥（硫酸銨）之40%與半量之磷肥(過磷酸鈣)及鉀肥（氯化鉀）各於播種時以基肥及於齊膝期以追肥施用，其餘20%氮肥於播種後約45日用爲第二次追肥。播種後施用萌前殺草劑Primextra（3.5 L a. i./ha）防治雜草，並視需要防治病蟲害；植株生長至齊膝期後行中耕培土一次。

於田間將同日吐絲之玉米植株標幟，並自吐絲期開始定期取樣，至收穫期（1986與1987年分別爲吐絲後71與66日）爲止，尤其著重吐絲後10至35日間之調查，每 3 至 5 日取樣一次。每次取樣係自每小區逢機選取標幟植株 6 株，部位包括果穗、穗位節葉鞘及其上、下各一節之節間；果穗再依其長度區分，由基部算起，採用20—30%及80—90%部份材料，分別定義爲下部（basal）與上部（apical）組織，在 4°C 條件下將子粒與穗軸區分，供爲分析用樣品。

上述玉米葉鞘、莖部節間及上、下位子粒與穗軸經區分後，取適量以液態氮冷凍後再冷凍乾燥，用以分析碳水化合物組成，所得結果將另文報告。另取適量子粒樣品，於秤量鮮重後予以冷凍乾燥，求取乾物重，以鮮重爲基準計算子粒水分含量。所得數據經變方分析後，以 Duncan's New Multiple Range Test 測定差異顯著性，子粒乾物質累積資料另以 Richarhs 函數法[6] 推算各項介量與導出量，用以比較玉米基因型間子粒充實特性之差異。

結　果

玉米果穗上位與下位子粒在充實過程中，水分濃度（water concentration）持續下降，1986年試驗上位子粒在吐絲後13日之濃度約爲87%，隨後緩慢降低，自20—24日起下降速率升高，但於臺農351號及臺農育365號之間比較，除吐絲後16與24日以前者爲高外，差異並不顯著；收穫時（吐絲後71日）臺農351號上位子粒的水分濃度爲27.1%，顯著高於臺農育365號之24.9%。下位子粒的表現趨勢相同，但在子粒充實全期均未顯示基因型間的差異，唯收穫期之水分濃度（29%）高於上位子粒（表1）。

Table 1. Comparison of water concentration and content between developing apical and basal kernels of Tainung 351 and Tainung Yu 365 corn hybrids (Fall crop, 1986)

Hybrid	Position of Kernel	Days after Silkinging 13	16	20	24	27	30	35	42	48	71
		Concentration (%, fwb)									
Tainung	Apical	87.4 a	87.4 a	84.4 a	82.1 a	71.1 a	63.8 a	57.5 a	51.3 a	44.1 a	27.1 b
351	Basal	84.6 b	83.8 bc	79.0 b	67.9 c	63.0 b	61.4 a	55.7 a	51.0 a	44.2 a	29.3 a
Tainung	Apical	87.6 a	84.7 b	83.3 a	74.4 b	68.0 a	62.3 a	55.9 a	48.2 a	44.7 a	24.9 c
Yu 365	Basal	84.8 b	82.3 c	78.1 b	67.7 c	64.2 b	59.3 a	52.9 a	48.2 a	43.5 a	29.4 a
		Content (mg/kernel)									
Tainung	Apical	40.0 c	48.7 d	66.6 d	76.2 d	91.8 d	108.8 d	123.0 d	133.3 c	123.6 c	67.0 b
351	Basal	71.9 a	92.0 b	134.1 b	145.5 b	170.9 b	187.4 b	210.4 b	222.8 a	197.9 a	123.3 a
Tainung	Apical	53.0 b	69.1 c	101.7 c	112.5 c	139.5 c	149.8 c	145.9 c	144.7 b	148.3 b	70.9 b
Yu 365	Basal	78.5 a	133.7 a	170.1 a	185.7 a	205.5 a	210.8 a	228.9 a	228.1 a	208.8 a	132.1 a

*Means followed by the same letter within each column of a character are not significantly different at $\alpha=0.05$ by Duncan's New Multiple Range Test.

玉米子粒含水量（water content）可用以表示體積的增長，並與充實程度有密切關係；1986年試驗子粒的含水量自吐絲後快速增加，臺農育365號與臺農351號上位子粒分別於吐絲後30日或42日達到高峰，各爲150 與 133 mg/kernel（表1）；下位子粒則均於吐絲後42日的含量最多（223—228 mg/kernel），絕對含量恆以下位子粒爲高，顯示具有較大的體積增加量與速率。臺農育365號上位子粒在吐絲後30—48日均維持高水分含量（145 mg/kernel 以上），而臺農351號上位子粒則以吐絲後35—48日之水分含量較高（123—133 mg/kernel），表現不如前者。此外，無論上位或下位子粒，在各取樣期之水分含量均以臺農育365號較高，除少數例外，其差異均達顯著水準（表1）。

在子粒的乾物質累積方面，亦顯示果穗部位間及基因型間的差異，1986年試驗之實測值列於表2，以 Richards 函數法求得之子粒乾物質累積曲線示於圖1A（上位子粒）與圖2A（下位子粒）；綜合而言，自吐絲後16日起，臺農育365號子粒乾重即顯著高於臺農351號；成熟期單一粒重恆以下位子粒及臺農育365號爲高，以臺農育365號收穫期下位子粒之乾物重(316.7 mg/kernel)爲基準（100%），其上位子粒粒重相當於67.4%，臺農351號上、下位子粒分別爲56.8%與90.5%，證明臺農育365號子粒充實能力明顯的優於臺農 351 號品種。1987 年的試驗結果與 1986 年相近，自吐絲後13日起即以臺農育365號的子粒乾重較高，但成熟期之單一子粒乾重較1986年數值爲低（表3），尤以臺農351號品種上位子粒粒重僅及 117.4 mg/kernel，低於1986年之 180.0 mg/kernel；同以臺農育365號收穫期下位子粒乾物重（297.1 mg/kernel）爲基準（100%），其上位子粒粒重相當於63.9%，而

Table 2. Comparison of dry weight (mg/kernel) between developing apical and basal kernels of Tainung 351 and Tainung Yu 365 corn hybrids (Fall crop, 1986)

Hybrid	Position of Kernel	Days after Silkinging									
		13	16	20	24	27	30	35	42	48	71
Tainung	Apical	5.8 b*	7.0 d	12.4 d	16.6 d	37.5 d	61.7 d	90.8 d	126.6 d	156.2 c	180.0 d
351	Basal	13.0 a	17.8 b	36.0 b	68.7 b	100.5 b	117.8 ab	167.2 b	214.7 b	250.2 a	286.6 b
Tainung	Apical	7.6 b	12.5 c	20.4 c	38.8 c	66.6 c	91.1 bc	118.2 c	155.6 c	183.3 b	213.6 c
Yu 365	Basal	14.1 a	28.8 a	47.8 a	88.8 a	114.4 a	145.9 a	203.7 a	244.4 a	271.1 a	316.7 a

*Means followed by the same letter within each column of a character are not significantly different at $\alpha=0.05$ by Duncan's New Multiple Range Test.

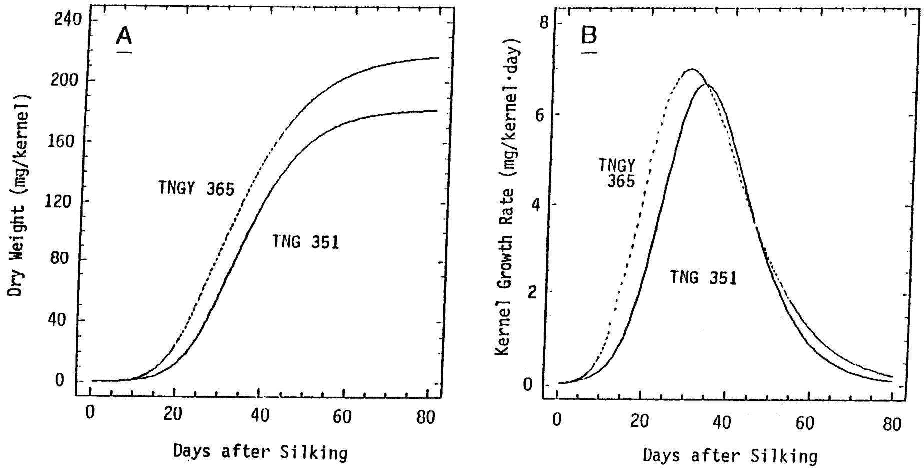

Fig. 1. Dry weight (A) and kernel growth rate (B) of apical kernels of developing Tainung 351 (TNG 351) and Tainung Yu 365 (TNG 365) corn ears (Fall crop, 1986)

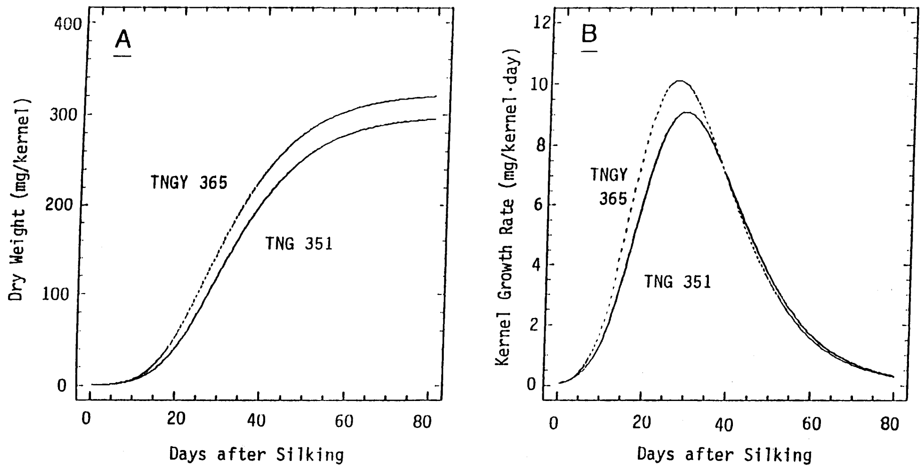

Fig. 2. Dry weight (A) and kernel growth rate (B) of basal kernels of developing Tainung 351 (TNG 351) and Tainung Yu 365 (TNGY 365) corn ears (Fall crop, 1986)

Table 3. Comparison of dry weight (mg/kernel) between developing apical and basal kernels of Tainung 351 and Tainung Yu 365 corn hybrids (Fall crop, 1987)

Hybrid	Position of Kernel	Days after Silkinging									
		10	13	16	20	24	27	30	34	45	66
Tainung	Apical	2.1 b*	4.7 d	7.1 d	10.3 d	15.7 d	29.9 d	43.6 d	70.2 c	96.1 d	117.4 c
351	Basal	7.2 a	10.2 b	15.9 b	33.6 b	62.0 b	89.7 b	110.1 b	159.5 a	203.2 b	286.3 a
Tainung	Apical	3.3 b	6.6 c	10.7 c	18.8 c	32.6 c	55.9 c	79.8 c	104.6 b	146.0 c	189.8 b
Yu 365	Basal	8.9 a	13.7 a	19.9 a	37.2 a	75.9 a	109.3 a	136.9 a	177.2 a	238.6 a	297.1 a

*Means followed by the same letter within each column are not significantly different at $\alpha=0.05$ by Duncan's New Multiple Range Test.

臺農 351 號之上、下位子粒分別爲 39.5%與 96.4%，兩個年度的表現趨勢相同。

1986 年試驗資料經以 Richards 函數法計算玉米子粒充實性狀之導出量，結果列於表 4 ，兩個基因型間上位及下位各子粒充實性狀的差異顯著性列於表 5 。由表中資料得知，臺農351號與臺農育365號上位子粒最大粒重爲 182.16 與 218.78 mg/kernel，下位子粒分別爲 298.44 與 322.41 mg/kernel，以臺農育 365 號較高，其差異均達顯著水準(表 5)。臺農 351 號上、下位子粒粒重於吐絲後 35.16及32.90日達最高粒重之一半（表 4 ），分別較臺農育 365 號晚 1.78 與 1.72日，但差異均不顯著(表 5)。雖然基因型間上位子粒最高粒重具有差異，但其最大子粒充實速率則相接近（6.66 與 6.99 mg/kernel • day），下位子粒之最大充實速率則以臺農育 365號（10.10 mg/kernel • day）高於臺農351號（9.07 mg/kernel • day），差異顯著（表 5 ）。

以 Richards 函數法計算1986年試驗玉米吐絲至成熟期間子粒充實速率變化的結果，列於圖 1B（上位子粒）與 2B（下位子粒）。由圖中資料得知，臺農 351 號與臺農育 365 號之間子粒充實表現的差異，主要發生於到達最高充實速率以前，雖然兩個基因型間上位子粒的最高充實速率差異不顯著，（表 5 ），但臺農育 365 號子粒進入有效充實期的時間較早（圖 1B），亦即具有較長的有效充實期間；下位子粒也有相同的表現。至於到達最高充實速率以後，兩個基因型玉米的子粒充實速率相近，並均呈快速下降趨勢。

臺農 351 號吐絲後上位子粒具有最大充實速率時之粒重爲 77.65 mg/kernel，臺農育 365 號爲

Table 4. Derived quantities of kernel-filling characters by Richards function for Tainung 351 (TNG 351) and Tainung Yu 365 (TNGY 365) corn hybrids (Fall crop, 1986)

Character	Apical Kernel		Basal Kernel	
	TNG 351	TNGY 365	TNG 351	TNGY 365
Maximum kernel Wt. (mg/kernel)	182.16	218.78	298.44	322.41
Time (DAS[1]) at 1/2 Max. Kernel Wt.	35.16	33.38	32.90	31.18
Maximum Kernel Growth Rate(mg/kernel • day)	6.66	6.99	9.07	10.10
Kernel Wt. (mg/kernel) at Max. Kernel Growth Rate	77.65	83.70	116.22	122.30
Time (DAS[2]) at Point of Max. Kernel Growth Rate	33.13	29.64	29.21	27.26

[1]Days after silking.

Table 5. Mean difference of derived quantities of kernel-filling characters by Richards function for Tainung 351 (TNG 351) and Tainung Yu 365 (TNGY 365) corn hybrids (Fall crop, 1986)

Character	Apical Kernel	Basal Kernel
Maximum kernel Wt. (mg/kernel)	36.62**	23.97 *
Time (DAS[1]) at 1/2 Max. Kernel Wt.	−1.78 ns	− 1.72 ns
Maximum Kernel Growth Rate (mg/kernel・day)	0.33 ns	1.03 **
Kernel Wt. (mg/kernel) at Max. Kernel Growth Rate	6.05 ns	6.08 ns
Time (DAS[1]) at Point of Max. Kernel Growth Rate	− 3.49**	− 1.95 ns

1 Days after silking.
* and** indicate significant difference at, respectively, $\alpha=0.05$ and 0.01 levels between Tainung 351 and Tainung Yu 365 genotypes. ns indicates insigificant difference.

83.70 mg/kernel，兩個基因型下位子粒之數值依序為 116.22 與 122.30 mg/kernel（表 4），雖然臺農育365號有較高的趨勢，但與臺農351號品種之差異並未達顯著水準（表 5）。玉米子粒具有最大充實速率的時間，臺農351號及臺農育365號下位子粒分別為吐絲後 33.13及29.64日，以臺農育365號顯著較早；下位子粒為吐絲後 29.21 及 27.28 日，基因型間差異不明顯（表 4 、 5）。根據 Richards 函數法計算玉米子粒充實性狀之導出量，得知子粒具有最大充實速率時之粒重均為最高粒重的一半以下，其發生時間與粒重達最高粒重一半之時間亦在整個充實過程的一半以前，顯示早期生長優勢的特性，尤以下位子粒及臺農育365號的表現最為明顯。

討　　論

玉米子粒在充實過程中之水分濃度持續下降，下位子粒受粉及開始發育的時間雖然較早[21]，但收穫期之水分濃度仍然較上位子粒高，顯示發育時序的早晚與最終水分濃度並無一定關係，Ou-Lee and Setter[15] 進行溫室試驗，曾有相同的報告，並認為是下位子粒喪失水分速率較低的結果。子粒含水量可用以表示體積的增長，與胚乳細胞的膨大及累積澱粉能力有關，對子粒充實極為重要，本試驗中臺農 351 號上位子粒在充實全期的含水量均低於農臺育 365 號，下位子粒含水量又極顯著高於上位子粒（表 1），且子粒水分含量與乾物重間呈極顯著正相關（合併基因型與上、下位子粒資料分析，吐絲後 30 與 42 日以前分別為 r=0.918** 與0.880**，各項資料單獨分析之結果相同），因此雖未直接測定體積，推測可於某一特定充實期以含水量表示子粒之充實性及乾物累積量，至於是否可依據子粒發育初期之水分含量及體積預估最終乾物累積量，值得以更多的試驗再加探討。

臺農育 365 號上、下位子粒成熟期之粒重均顯著較臺農 351 號子粒為高（表 2－5），兩個基因型具有相同母本及不同父本，曹等[3] 亦曾採用具同母本不同父本之臺農351號與臺農育 121號為材料試驗，指出前者上位子粒粒數佔總粒數之 22.4%，粒重則僅佔總產量之 15.3%，後者之數值為 24.5% 及 19.7%，顯示臺農育 121號品系上位子粒充實性較佳，與本試驗的結果相同。本項系列試驗採用遺傳背景相近而子粒充實特性有異的材料，探討有關之生理與生化性狀變異，不同於其他學者的研究，預期能對此一問題提供新的資訊。

經由連續取樣比較兩個基因型間上位子粒粒重，發現臺農育 354號在吐絲後16日（1986年）及13日（1987年）之粒重已超過臺農351號（表 2 、 3），亦即在充實前期已有明顯差異。Setter[20] 指出由於下位穎花的分化時間較上位穎花早，在受粉時可能已具有發育較完全的維管束輸導組織，有利於養分轉移，Ou-Lee and Setter[15] 證明上、下位子粒醣類代謝能力在充實初期即有不同，Tollenaar and Daynard[21] 也發現上、下位子粒在開始進入有效充實期時之粒重與體積已有顯著差異；這些結

果雖然並非於不同基因型間針對上位子粒進行比較，但是推測相對於臺農351號品種，臺農育365號上位子粒的生長優勢可能在吐絲期或吐絲以前的穎花分化過程中即已形成。

決定子粒乾物重的兩個因子爲乾物質累積速率與有效充實期的長短，對玉米而言，子粒乾物重有90%以上是在有效充實期所累積的 [3,11]；本試驗中臺農 351 號與臺農育365號上位子粒的最高充實速率相同（表 5），但其下位子粒最高充實速率分別爲上位子粒的1.36及1.44倍，差距頗大（表 4）；又依據表 3 資料計算吐絲後20—42日間的平均乾物質累積速率，臺農 351 號與臺農育 365 號上位子粒爲5.13 與5.82 mg/kernel • day，吐絲後16—48日之間下位子粒爲 7.56 與7.59 mg/kernel • day, Tollenaar and Daynard [21] 測定兩個玉米基因型上、下位子粒在有效充實期的平均乾物質累積速率爲5.2與6.2及 7.0 與7.8 mg/kernel • day，除以下位子粒較高外，基因型間也有不同表現，本試驗所得結果與其相同，換言之，在本試驗中平均子粒充實速率爲導致粒重差異的原因之一。

與臺農351號上位子粒比較，臺農育365號上位子粒在發育初期的生長潛勢較高，已討論如前，此外，到達最高充實速率的時間較早，到達最高充實速率時的粒重亦呈較重趨勢（後者差異未達顯著水準，表 5），再由表 2 與表 3 資料計算各取樣期間的充實速率，可以推斷臺農育 365號上位子粒進入有效充實期的時間較早；另一方面，臺農351號與臺農育365號子粒在生育後期（吐絲後48—71日）之充實速率雖已下降，但實際測量所得之乾物重仍持續增加，並未顯示標準的 sigmoid 型生長曲線，與王等 [2] 及曹等 [3] 以相似玉米材料進行試驗所得之結果相同，又因未調查子粒黑層（black layer）形成時間，不易判斷有效充實期之結束時間；但綜合各項資料研判，仍可確定臺農育 365號品系上位子粒具有較臺農351號爲長的子粒有效充實期。

本項研究主要目的在於確定臺農育365號品系與臺農351號品種上位子粒的充實性具有差異，同時解析差異之形成原因，以供爲進一步探討影響碳水化合物自穗軸轉移至子粒因素的基礎。玉米子粒主要的累積成分（碳水化合物）係由光合作用生產，其供應能力是否充裕，常因品種、環境因子及栽培條件而異，有先加確定的必要；本項研究第二部份試驗針對穗位葉鞘與節間及上、下位穗軸髓部組織，在子粒充實全期分析碳水化合物組成及含量變化，經確定光合產物供源能力不爲上位子粒充實的限制因子，所得結果將以續文提出報告。

引用文獻

1. 王強生、曹紹徽、劉大江。1985。玉米臺農351號穗頂不充實原因之探討。中華農業研究 34：266—278。
2. 王強生、曹紹徽、劉大江。1987。栽培密度對玉米乾物質累積之影響。中華農業研究 36：15—28。
3. 曹紹徽、王強生、劉大江。1986。玉米子粒充實特性之研究。中華農業研究 35：23—36。
4. 盧淑華。1985。不同期作下光合產物供源、積儲和營養要素的分配與玉米產量的關係。國立中興大學糧食作物研究所碩士論文。臺中市。
5. Anderson, E. L., E. J. Kamprath and R. H. Moll. 1984. Nitrogen fertility effects on accumulation, remobilization, and partitioning of N and dry matter in corn genotypes differing in prolificacy. Agron. J. 76：397-404.
6. Causton, D. R. 1969. A computer program for fitting Richards function. Biometrics 25：401-409.
7. Daynard, T. B. and W. G. Duncan. 1969. The black layer and grain maturity in corn. Crop Sci. 9：437-436.
8. Egharevba, P. N., R. D. Horrocks and M. S. Zuber. 1979. Dry matter accumulation in maize in response to defoliation. Agron. J. 68：40-43.
9. Hanft, J. M., R. J. Jones and A. B. Stumme. 1986. Dry matter accumulation and carbohydrate concentration patterns of field-grown and in vitro cultured maize kernels from the tip and middle ear positions. Crop Sci. 26：568-572.
10. Hanway, J. J. 1969. Defoliation effects on different corn (*Zea mays* L.). hybrids as influenced by

plant population and stage of development. Agron. J. 61 : 534-538.

11. Johnson, D. R. and J. W. Tanner. 1972. Calculation of the rate and duration of grain filling in corn. Crop Sci. 12 : 485-486.
12. Liu, D. J. 1987. Physiological and cultural studies of field corn grown on paddy field in Taiwan. In: Proceedings of Sino-Japan Sympcsium on Production Technology of Dryland Food Crops in Paddy Field (S. C. Hsieh and D. J. Liu, eds). Taichung Dist. Agri. Improv. Sta., Taichung.
13. Muleba, N., T. G. Hart and G. W. Paulsen. 1983. Physiological factors affecting maize (*Zea mays* L.) yields under tropical and temperate conditions. Trop. Agric. 60 : 3-10.
14. Nishikawa, and M. Kudo. 1973. Explicational studies on the sterile ear as appeared on mechanized cultivation of the corn plant (*Zea mays* L.). Tohoku Agri. Exp. Sta. Res. Rep. 44 : 51-95.
15. Ou-Lee, T. M. and T. L. Setter. 1985. Enzyme activities of starch and sucrose pathways and growth of apical and basal maize kernels. Plant Physiol. 79 : 848-851.
16. Ou-Lee, T. M. and T. L. Setter. 1985. Effect of increased temperature in apical regions of maize ears on starch synthesis enzymes and accumulation of sugars and starch . Plant Physiol. 79 : 852-855.
17. Poneleit, C. G. and D. B. Egli. 1979. Kernel growth rate and duration in maize as affected by plant density and genotype. Crop Sci. 19 : 385-388.
18. Remison, S. U. and E. O. Lucas. 1982. Effects of planting density on leaf area and productivity of two maize cultivars in Nigeria. Expl. Agric. 18 : 93-100.
19. Schoper, J. B., R. R. Johnson and R. J. Lambert. 1982. Maize yield response to increased assimilate supply. Crop Sci. 22 : 1164-1189.
20. Setter, T. L. 1986. Partitioning of carbon among competing sinks. In: Regulation of Carbon and Nitrogen Reduction and Utilization in Maize (J. C. Shannon, D. P. Knievel and C. D. Boyer, eds). Amer. Soc. Plant Physiol., Rockville, MD.
21. Tollenaar, M. and T. B. Daynard. 1978. Kernel growth and development at two positions on the ear of maize (*Zea mays*). Can. J. Plant Sci. 58 : 189-197.
22. Tollenaar, M. and T. B. Daynard. 1978. Relationship between assimilate source and reproductive sink in maize grown in a short-season enviironment. Agron. J. 70 : 219-223.
23. Tsai, C. . Y., D. M. Huber and H. L. Warren. 1980. A proposed role of zein and glutein as N sinks in maize. Plant Physiol. 66 : 330-333.
24. Tsai, C. Y., D. M. Huber, D. V. Glover and H. L. WarreN. 1984. Relationship of N deposition to grain yield and N response of three maize hybrids. Crop Sci. 24 : 277-281.
25. Wang, C. S., S. H. Tsao and D. J. Liu. 1986. Effects of N fertilization on the growth and yield of two maize hybrids. J. Agri. Res. China 35 : 437-448.
26. Yamaguchi, J. 1974. Varietal traits limiting the grain yield of tropical maize. IV. Plant traits and productivity of tropical varieties. Soil Sci. Plant Nutr. 20 : 287-304.

Factors Affecting the Translocation of Carbohydrates from Cob to Kernels in Corn. 1. Filling Characters of Apical and Basal Kernels on the Ear[1]

S. F. Lin[2], C. Liu[3] and D. J. Liu[2]

Summary

Corn hybrids Tainung 351 (TNG 351) and Tainung Yu 365 (TNGY 365) were used as experimental material. The two hybrids have the same maternal inbred but different paternal inbred. The latter hybrid was superior to the former in kernel-filling characters. Field experiments were conducted in the fall crop season of 1986 and 1987 to study the pattern of dry matter accumulation for kernels positioned at the apical and basal portions of the ear. Results from this experiment will be served as the basis of further study on the factors affecting the translocation of carbohydrates from cob to kernels in corn. Experimental results indicated that differences in water content and dry weight in either apical or basal kernels existed at early kernel development between TNG 351 and TNGY 365. Although there was no significant difference in maximum kernel filling rate between apical kernels of the two genotypes by the calculation of Richards function, the occurrence of maximum filling rate and effective kernel filling were ealier for TNGY 365 than for TNG 351. Longer kernel filling duration was proposed as the major factor in causing genotypic difference in final apical kernel dry weight. Similar results were observed in basal kernels. This is the first report of a series of papers dealing with the source-sink relationship and physiological and biochemical factors related to kernel filling in corn.

---

1. Contribution No. 1495 from Taiwan Agricultural Research Institute. This study was supported by National Science Council, Executive Yuan, ROC (Project Nos. NSC76-0409-B-055-05 and NSC77-0409-B-055-04). The Corn Breeding Laboratory of TARI is acknowledged for supplying seeds of Tainung Yu 365.

2. Respectively, assistant and senior agronomist, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan 41301, ROC.

3. Professor, Department of Agronomy, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC.